

Nutrition et fumure minérale du cocotier hybride Nain de Malaisie × Grand Ouest Africain

(PB-121 - MAWA)

M. OLLAGNIER (1), MARDIANA WAHYUNI (2)

Résumé. — La vulgarisation de l'hybride Nain de Malaisie × Grand Ouest Africain (PB 121) s'étant considérablement développée depuis une quinzaine d'années, on dispose maintenant d'un réseau expérimental assez important pour étudier la nutrition minérale et la fertilisation de cet hybride dans de nombreuses situations de sols et de climats : — la *nutrition azotée* est naturellement satisfaisante, sauf dans des cas de plantations situées sur des sols exceptionnellement pauvres en matière organique. Le niveau optimal de 2,2 p. 100 pour la feuille 14 est confirmé en Afrique de l'Ouest ; — la *nutrition en phosphore* est déficiente lorsque les teneurs en phosphore total du sol sont faibles. La correction de cette déficience est très rentable sur le plan économique. Le niveau optimal de la feuille 14 est proche de 0,120 p. 100 ; — les *nutritions en potassium et en chlore* sont étroitement associées et il n'est pas toujours possible de distinguer totalement leurs effets respectifs. Tous les résultats expérimentaux montrent que la déficience en chlore est fréquente car ses effets dépressifs, qui peuvent être très sévères, sur la production interviennent dès que la distance par rapport à la mer devient supérieure à 20-25 km. Les deux éléments augmentent le nombre de noix/arbre et le coprah/noix, l'effet positif du chlore sur ce dernier caractère en particulier peut atteindre 40 p. 100 (Indonésie). Les augmentations de production dues à la double fumure K + Cl sont toujours très rentables. Compte tenu de la grande variété des zones écologiques rencontrées, les niveaux optimaux proposés pour ces deux éléments (K = 1,4 p. 100, Cl = 0,6 à 0,7 p. 100) demandent confirmation. La déficience en chlore devant être très souvent corrigée, les programmes de fertilisation devront apporter le chlorure permettant de corriger une autre déficience (K, Mg) ; — la *nutrition magnésienne* peut être très déficiente dans certains cas. En Côte d'Ivoire, la fertilisation magnésienne agit en interaction avec la fumure potassique.

La diffusion de l'hybride Nain de Malaisie × Grand Ouest Africain (dénommé Hybride Port-Bouët 121 par l'Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux, et communément appelé MAWA en Malaisie) est entreprise à une vaste échelle notamment en Indonésie, aux Philippines, en Malaisie, en Côte d'Ivoire, au Brésil et au Mexique.

Dans une précédente note consacrée à la fumure du cocotier dans le monde et présentée en 1979 au Congrès de Manille organisé par la FAO, nous avons souligné le fait que, malgré les résultats très importants et convaincants mis en évidence par les chercheurs, beaucoup restait à faire puisque probablement moins de 1 p. 100 des cocoteraies du monde recevaient une fertilisation. Il est souhaitable que de ce point de vue l'hybride soit mieux traité que le cocotier Grand, sinon il ne pourrait extérioriser tout son potentiel.

La conférence du cocotier de Kuala Lumpur (3) est une occasion de faire le point des connaissances sur les expériences de fertilisation en cours sur ce type de cocotier et nous ferons le point ici des résultats obtenus dans un certain nombre d'expériences réalisées sur l'hybride PB-121-MAWA, en nous limitant à ce type de matériel.

l'âge des différentes parties du cocotier MAWA : folioles, pétiole, rachis, stipe, cœur, racines, régimes dans une plantation dont la fertilisation, gérée par le diagnostic foliaire, assurait une production élevée.

Les résultats obtenus, résumés dans les tableaux I et II, sont intéressants à considérer sous différents aspects.

Dans un système d'exploitation où l'on s'efforce de minimiser les exportations en extrayant l'albumen au pied de l'arbre et en laissant les enveloppes entassées, par exemple dans un interligne sur deux, libérer lentement leurs éléments minéraux, les exportations sont réduites à deux éléments principaux : l'albumen et la croissance annuelle du stipe.

Dans l'hypothèse d'une production maximale de 6,7 t de coprah, ces exportations seraient en kg/ha/an :

	N	K	Mg	Cl
Albumen	80	47	8	12
Stipe	61	19	8	42
Total	141	66	16	54

Lorsque le planteur utilise les coques, les bourres, les pétioles et les rachis, les exportations annuelles deviennent beaucoup plus importantes :

	N	K	Mg	Cl
Noix	104	172	12	108
Stipe	61	19	8	42
Feuilles	67	60	31	65
Total	232	251	51	215

Ng Siew Kee [1967-1968] estime la consommation annuelle d'éléments nutritifs du palmier à huile en Malaisie aux chiffres suivants (sur la base d'une plantation produisant annuellement 25 t de régimes/ha) :

192 kg de N ; 251 kg de K ; 61 kg/de Mg.

I. — LES ÉLÉMENTS NUTRITIFS EXPORTÉS PAR LE MAWA

Ouvrier et Ochs [1982] ont étudié en Côte d'Ivoire l'évolution du contenu en éléments fertilisants en fonction de

(1) Directeur des Recherches, I.R.H.O. — 11, Square Pétrarque, 75116 Paris (France).

(2) Agronome, Pusat Penelitian Kelapa (Indonésie).

(3) International Conference on Cocoa and Coconut — Progress and Outlook, 15-17 octobre 1984, à laquelle a participé l'I.R.H.O.

TABLEAU I. — Afrique de l'Ouest (*West Africa*)

Côte d'Ivoire (<i>Ivory Coast</i>)	CC 24 N° Ganda		CC 28 Grand Lahou		CC 16 Port-Bouët		CC 31 Cofroi		CC 01 Grand-Drewin	CC 1 Bénin - Ouidah	
Plantation (<i>planting</i>)	1972		1973		1970		1974		1972	1973	
Urée (<i>Urea</i>)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)
N 0	19,0	241	16,8	218	17,1	215			80	27,7	237
	2,12 (n)		2,22		2,21				2,12	1,88	
N 1	17,7	238	18,9	217	16,5	212	5,0	199	77	30,4	241
	2,18** (n)		2,35**		2,33**		1,77		2,17	2,03**	
N 2	18,9	235	18,0	217			6,5	194	82		
	2,18** (n)		2,39**				1,84		2,20		
N 3							10,7**	195			
							2,05**				
N 4							9,4 **	188*			
							2,09**				
Phosphate de roche (<i>Rock phosphate</i>)											
P 0	18,1	240	17,4	217	16,1	211			78	27,1	232
	0,145 (p)		0,139		0,169				0,115	0,107	
P 1	19,0	236	18,3	217	17,3	213			80	31,0	246
	0,154** (p)		0,142		0,173				0,131**	0,119**	
P 2					16,3	216			80		
					0,175 (p)				0,136**		
Chlorure de potassium (<i>Potassium chloride</i>)											
KCl 0	17,2	233	16,3	215	8,19	192			70		
	0,982 (K)		0,907		0,456				0,376		
	0,545 (Cl)		0,428		0,396				0,588		
KCl 1	18,0	239	18,0	219	21,7**	227**	7,4	192	81**	29,9	241
	1,349** (K)		1,153**		1,419**		1,02		0,738**	0,537	
	0,682** (Cl)		0,499		0,631**		0,539		0,669**	0,696	
KCl 2	20,4**	242*	19,4	218	21,0**	221**	8,4	196	87**	27,7	229
	1,653** (K)		1,407**		1,715**		1,49**		0,969**	0,773**	
	0,740** (Cl)		0,592		0,702**		0,620**		0,721**	0,778	
KCl 3										29,7	252
										0,807**	
										0,723	
KCl 4										28,9	235
										0,945**	
										0,776	
Kieserite											
Mg 0	18,0	233	16,8	217	13,3	211					
	0,217 (Mg)		0,182		0,120						
Mg 1	18,2	240	18,8	218	18,4**	215	7,1	192			
	0,302** (Mg)		0,306**		0,253**		0,181				
Mg 2	19,3	240	18,0	218	18,4**	215	8,2	193			
	0,386** (Mg)		0,376**		0,294**		0,265**				
Mg 3							8,1	194			
							0,279**				
Mg 4							8,2	198			
							0,315**				
(4)	(1979/83)		(1979/83)		(1978/82)		(1979/83)		(1981/82)	(1979/83)	
Plante de couverture (<i>Cover crop</i>) :	<i>Pueraria</i>		<i>Pueraria</i>		<i>Pueraria</i>		Couv. naturelle très épaisse (<i>Very sparse natural cover</i>)			<i>Pueraria</i>	

(1) Coprah/arbre/an (*copra/tree/year*) (kg).
 (2) Coprah/noix (*copra/nut*) (g). — (3) Noix/arbre (*nuts/tree*).
 (4) Production moyenne (*Average production*) 4 ans (*years*)
 excepté pour (*except for*) G-Drewin (CC 01).

Diagnostic foliaire
(*Leaf analysis*)

{ CC 24 : 1983
 CC 28 : 1982
 CC 16 : 1983
 CC 31 : 1982
 CC 01 : 1982 Grd-Drewin
 CC 1 : 1982 Ouidah

n = Azote (*nitrogen*)

p = Phosphore (*phosphorus*)

K = Potassium

Cl = Chlore (*Chlorine*)

Mg = Magnesium

} Teneurs dans la feuille
 (*Contents in the leaf*)

TABLEAU II. — Indonésie (Indonesia)

Plantation (Planting) :	Sud (South) Sumatra Bergen PTP X		Nord (North) Sumatra Bangun Purba PTP VI		Nord (North) Sumatra Bah Lias Est.	
	1977		1977		1974	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Azote (Nitrogen)						
N 0	24,9 1,88(n)	255	11,7 1,69	206	15,7 1,90	170
N 1	24,1 1,89(n)	245*	11,8 1,66	204	15,7 1,94	164*
N 2	22,7* 1,93(n)	245*	13,0 1,70	191	15,1 1,97**	162*
Phosphate de roche (Rock phosphate)						
P 0	22,4 0,109(p)	252	11,2 0,128	191	15,2 0,135	166
P 1	24,7* 0,113(p)	247	13,8 0,142**	204	15,6 0,152**	165
P 2	24,6* 0,113(p)	246	11,6 0,146**	207	15,5 0,153**	164
Chlorure de potassium (Potassium chloride)						
KCl 0	17,2 0,686(K) 0,046(Cl)	203	8,7 1,41 0,037	168	11,4 1,50 0,12	131
KCl 1	27,0** 0,819(K) 0,243**(Cl)	262**	15,7** 1,53** 0,257**	233**	16,7** 1,56* 0,43**	177**
KCl 2	27,5** 0,892(K) 0,412**(Cl)	279**			18,7** 1,60** 0,53**	187**
Kiésérite						
Mg 0	23,8 0,1/2(Mg)	251	11,0 0,153	196		
Mg 1	23,9 0,181(Mg)	245	14,5 0,161	208	15,5 0,206	166.
Mg 2			11,1 0,187**	197	15,6 0,205	165

(1) Coprah/arbre/an (Copra/tree/year) (kg).

(2) Coprah/noix (Copra/nut) (g).

Production 1 an (year) : 81/82 (PTP X), 82/83 (PTP VI), 80 (Bah Lias).

Diagnostic foliaire
(Leaf analysis) { Bergen PTP X = 1981
B. Purba PTP VI = 1983
Bah Lias est. = 1980.

n = Azote (nitrogen)

p = Phosphore (phosphorus)

K = Potassium

Cl = Chlore (chlorine)

Mg = Magnésium

Teneurs dans
la feuille
(contents
in the leaf)

On voit donc qu'une bonne plantation de cocotiers exporte des quantités d'éléments nutritifs comparables à celles du palmier à huile. Mais les besoins en éléments fertilisants vont peut-être varier dans le rapport de 1 à 3, ou 4, selon que l'on va restituer au sol plus ou moins de sous-produits.

Dans les expériences décrites ci-après, la production de noix est exportée mais les feuilles sont mises en andains décomposés naturellement.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les expériences analysées dans cette étude sont situées en Afrique de l'Ouest et notamment en Côte d'Ivoire où l'hybride PB-121 a été vulgarisé depuis 1970, et en Indonésie où le gouvernement a décidé peu de temps après d'utiliser cet hybride pour la régénération de la cocoteraie.

Les climats et les sols sont évidemment très différents. La Basse Côte d'Ivoire (PB-CC 16 — 24 — 28 — 31 et GD-CC 01) est caractérisée par l'existence d'une petite et d'une grande saison sèche avec des déficits en eau variant largement autour d'une moyenne de 600 mm, entre 350 et 800, pendant la période analysée pour le rendement.

L'expérience effectuée au Bénin (CC 1) est située dans un périmètre irrigué au goutte-à-goutte où les apports d'eau ne compensent que la moitié environ des déficits qui sont naturellement très élevés (760 mm).

En Côte d'Ivoire, les sols sont toujours très sableux et très désaturés, qu'il s'agisse de colluvions tertiaires ou de sables quaternaires littoraux. Les teneurs en matière organique sont très faibles (N p. 1000 = 0,5 ; C p. 100 = 0,5 de 0-15 cm) et plus encore dans le cas de l'expérience CC 31 établie après une vieille cocoteraie surexploitée.

Le complexe absorbant de ces sols très sableux est évidemment très limité avec une somme des bases échangeables de l'ordre de 0,5 mé p. 100 g dans la couche superficielle.

cielle, 0,35 de calcium, 0,10 de magnésium et 0,05 de potassium.

Les teneurs en phosphore sont toujours très élevées, de l'ordre de 500 ppm.

Au Bénin, il s'agit de sols développés sur les plateaux du Continental terminal (terres de barre). Ils sont moins sableux (30 p. 100 d'argile à 100 cm de profondeur), et moins désaturés avec :

- 1,85 mé pour 100 g de calcium,
- 0,85 mé pour 100 g de magnésium,
- 0,12 mé pour 100 g de potassium ;

en surface, le phosphore est faible, de l'ordre de 110 ppm.

En Indonésie, les deux expériences situées dans la province de Nord-Sumatra bénéficient d'une pluviométrie abondante et bien répartie avec des déficits en eau nuls, sauf année exceptionnelle. La troisième expérience est située dans la province du Lampung (Sud Sumatra) où la pluviométrie est également favorable, à l'exception d'une ou deux années sur cinq de sécheresse sévère (déficit 500 mm).

Les sols sont dérivés de sédiments d'origine volcanique plus ou moins ancienne ; ils sont donc plus ou moins ferrallitisés et désaturés :

- 30 à 50 p. 100 d'argile dès la surface,
- matière organique plus abondante que dans les sols d'Afrique (C p. 100 et N p. 1000 = 1,5 en surface),
- capacité d'échange de cations comprise entre 10 et 20 mé (acétate d'ammonium),
- 2 à 5 mé p. 100 g de bases échangeables,
- 0,4 mé de K échangeable à Bangun Purba et à Bah Lias (Nord Sumatra), 0,3 mé à Bergen (Lampung).

Le phosphore total est faiblement représenté à Bergen (150 ppm contre 350 ppm dans les expériences de Nord Sumatra).

III. — RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les tableaux I et II indiquent les effets principaux des différents engrais sur :

- la production en coprah/arbre,
- le coprah/noix,
- les teneurs en éléments des feuilles.

Le tableau I concerne les expériences menées en Côte d'Ivoire, et le tableau II celles menées en Indonésie.

1. — Nutrition et fertilisation azotée.

Tant en Côte d'Ivoire qu'en Indonésie l'application d'azote, effectuée sous forme d'urée, n'a pas d'effet significatif sur la production en nombre de noix tant que le niveau de fertilité des sols permet aux couvertures de légumineuses de s'installer convenablement.

Cela explique que le seul effet observé correspond à la situation de l'essai CC 31 (sols très épuisés sans couverture).

Sur le coprah/noix l'effet des applications d'azote est presque toujours dépressif.

L'ensemble de ces nouveaux résultats expérimentaux confirme le bien-fondé du choix d'un niveau optimal d'azote situé aux environs de 2,2 p. 100 pour l'Afrique Occidentale. En Indonésie les faibles teneurs de Bangun Purba ne sont pas encore corrigées pour une raison que l'on ignore.

Quoi qu'il en soit, l'azote ne paraît pas être un facteur

très important de la nutrition minérale de l'hybride, bien que les exportations soient très élevées.

Il faut signaler cependant qu'en général des effets favorables ont été observés dans plusieurs de ces expériences sur la croissance et sur la précocité de l'entrée en production.

2. — Nutrition et fertilisation phosphorée.

Les deux expériences qui répondent à la fumure phosphatée sont caractérisées par des faibles teneurs en phosphore total dans le sol (100 — 150 ppm) et par les teneurs foliaires les plus faibles, de l'ordre de 0,110 p. 100.

La correction de cette déficience entraîne des plus-values de rendement de l'ordre de 10 à 15 p. 100 :

— au Bénin 3,9 kg coprah/arbre pour 3 kg de Rock phosphate,

— à Bergen (Indonésie) 2,3 kg de coprah pour 1 kg de Rock phosphate avec un ratio de financial efficiency (1) allant de $r = 2,6$ à $r = 4,6$.

Un examen plus détaillé des effets secondaires des applications de phosphore sur les contenus foliaires en azote (et également dans le sens inverse) ne révèle pas de liaison étroite à l'image de celle désormais classique du palmier à huile. Il est donc possible de définir un niveau optimal spécifique du phosphore dans la feuille, niveau qu'il est possible de situer aux environs de 0,120 p. 100.

3. — Nutrition et fertilisation potassique et chlorée.

Il ne saurait être question d'interpréter les réponses aux applications de KCl sans avoir présente à l'esprit la nutrition en chlore dont l'importance est primordiale chez le cocotier [Ollagnier, Ochs, Pomier, de Taffin, 1983].

Il n'est pas encore possible, à partir des résultats de ces neuf expériences de déduire un niveau optimal pour le potassium et le chlore. L'engrais utilisé apporte les deux éléments dont il est difficile de faire la part.

Les expériences de Côte d'Ivoire militent en faveur d'un niveau foliaire optimal de 1,4 p. 100 pour le potassium. L'effet de KCl à Bah Lias et à Bangun Purba ne peut donc être attribué qu'au seul effet du chlore puisque les teneurs foliaires natives en potassium sont déjà très élevées (1,5 p. 100). L'effet du KCl dans l'expérience de Bergen pourrait résulter d'une action conjuguée de K et de Cl, mais l'analyse des corrélations est plutôt en faveur d'une action dominante du chlore :

— coprah/arbre en fonction de K (Cl = constant), $r = 0,001$;

— coprah/arbre en fonction de Cl (K = constant), $r = 0,69^{***}$.

Dans cette expérience, comme dans celle du Bénin, il paraît difficile de porter les teneurs en potassium au niveau considéré comme optimal en Côte d'Ivoire. Il faut peut-être voir dans ce phénomène l'effet d'un antagonisme cationique au niveau de l'absorption avec le calcium à Bergen, et le magnésium au Bénin.

Les effets du potassium et du chlore s'exercent tous les deux à la fois au niveau du nombre de noix et du coprah/noix. L'accroissement du coprah/noix peut être considérable. Le seul effet du chlore en Indonésie permet d'augmenter ce coprah/noix de 40 p. 100.

(1) Valeur coprah avant transformation 300 \$/t — Coût RP = 150 \$/t

$$r = \frac{\text{Plus-value de production}}{\text{Coût de l'engrais}}$$

TABLEAU III. — Côte d'Ivoire (*Ivory Coast*) — PB-CC 16 — Interaction KCl × Mg

	Mg 0		Mg 1		Mg 2		\bar{x}			
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
KCl 0	191	7,5	194	7,5	189	8,7	191	7,9	100	10
KCl 1	226	19,4	221	22,1	221	22,8	223**	21,4**	117	27
KCl 2	210	12,8	218	25,5	219	22,8	216**	20,4**	113	25
\bar{x}	209	13,2	211	18,4**	210	18,1**				
	100	100	101	139	100	137				

(1) Coprah/noix (*copra/nut*) (g).(2) Coprah/arbre (*copra/tree*) (kg).

L'hybride PB-121, résultat du croisement d'arbres-mères Nains à faible coprah/noix avec un Grand Ouest Africain, a hérité d'un coprah inférieur à celui des Grands du Sud-Est Asiatique. Ce désavantage, déjà largement compensé par une production élevée en nombre de noix, s'atténue fortement sous les effets conjugués du potassium et du chlore qui portent le coprah/noix à des valeurs de l'ordre de 240 g.

Les plus-values obtenues sont dans tous les cas très importantes et valorisent très largement les dépenses consenties avec un rapport d'efficacité financière en général supérieur à 5.

L'amplitude de la réponse dépend bien entendu des conditions d'alimentation en eau. Dans l'expérience CC 28 à Grand Lahou en Côte d'Ivoire, la déclivité du terrain introduit une différence systématique entre les trois blocs ; le bloc III en position basse profite d'une nappe phréatique proche de la surface du sol. Il produit plus que le bloc I (19,2 kg coprah/arbre, contre 13,5) et profite plus de la fertilisation potassique (+ 4,3 kg, contre 2,3 kg).

4. — Nutrition et fertilisation magnésienne.

A la différence du potassium, le magnésium n'intervient jamais sur le coprah/noix. Les expériences de Côte d'Ivoire montrent que l'effet de la kiésérite peut être très important, par exemple dans l'expérience CC 16 dans laquelle la réponse atteint 40 p. 100 en effet principal. L'association KCl et kiésérite entraîne une amélioration supérieure à 300 p. 100 par addition des deux effets, augmentée de l'interaction (Tabl. III).

Les surfaces de réponse de cette expérience permettent de fixer le niveau optimal à 0,200 p. 100, chiffre qui n'est pas remis en question par les expériences d'Indonésie.

CONCLUSIONS

Les expériences de Côte d'Ivoire citées dans le tableau I sont situées à moins de 5 km de l'océan et bénéficient par conséquent de dépôts secs et humides, estimés par Delmas à une centaine de kilos de chlore par hectare/an, ce qui explique que les teneurs en chlore observées dans les témoins sans KCl sont déjà très élevées (0,43 à 0,55 p. 100). D'autres expériences, étudiant plus spécifiquement le problème du chlore, ont été implantées plus à l'intérieur des terres jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres de l'océan :

— Dabou à 25 km avec une teneur en chlore de 0,098 p. 100,

— Gagnoa à 125 km, teneur en chlore de 0,039 p. 100,
— Abengourou à 190 km, teneur en chlore de 0,080 p. 100,

— Daloa à 230 km, teneur en chlore de 0,207 p. 100.

Elles sont toutes caractérisées par de très faibles teneurs en chlore, dues à la diminution brutale des dépôts chlorés dans la frange des premiers dix kilomètres.

Elles sont toutes en faveur d'un effet du chlore sur la croissance au jeune âge et la précocité de floraison.

Seule l'expérience de Dabou est en production ; elle démontre sans ambiguïté que le chlore augmente le rendement de 50 p. 100. Dans cette expérience, la réponse au KCl qui triple les rendements est due à Cl pour 1/3 environ et à K pour les 2/3 restants (Tableau IV).

TABLEAU IV. — Côte d'Ivoire (*Ivory Coast*)
DA-CC 01

		Chlorure de sodium (<i>Sodium chloride</i>)	Sulfate de sodium (<i>Sodium sulphate</i>)
Sans (<i>Without</i>) KCl	N/T	62,7	45,9
	C/N	195	176
	C/T	12,2	8,1
	K	0,402	0,388
	Cl	0,549	0,076
Avec (<i>With</i>) KCl 2	N/T	115,3	85,9
	C/N	212	181
	C/T	24,2	15,5
	K	1,44	1,38
	Cl	0,661	0,136

N/T : Nombre de noix/arbre (*number of nuts/tree*).C/N : Coprah/noix (*copra/nut*) (g).C/T : Coprah/arbre (*copra/tree*) (kg).

Les trois expériences d'Indonésie, qui sont situées à une distance de la mer comparable à celle de Dabou, sont également caractérisées par des teneurs foliaires en chlore très basses.

Il n'est donc pas étonnant d'obtenir des réponses importantes à l'application de KCl grâce à la seule action de cet élément sur le rendement.

Il faut donc s'attendre à une déficience en chlore chaque fois que les dépôts naturels sont inférieurs aux exportations c'est-à-dire, le plus souvent, dès que l'on s'éloigne tant soit peu des côtes (ce qui n'exclut nullement de trouver des déficiences dans des situations proches de la mer : cas observés aux Philippines et à Port-Bouët).

Dans ces conditions la fertilisation doit être fréquemment centrée sur la correction de cette déficience en utili-

sant le chlorure, le meilleur marché pour le paysan ou pour l'économie nationale, en tenant compte d'un effet éventuel du cation accompagnateur.

Ce pourrait être le chlorure de sodium sur les sols volcaniques d'Indonésie ou des Philippines, en général bien pourvus de potassium ; le chlorure d'ammonium sur les mêmes sols surcultivés et enfin le chlorure de potassium sur les sols ferrallitiques communs en Afrique de l'Ouest où la déficience potassique s'ajoute à la déficience en chlore.

Il est probablement possible d'aboutir à des formules d'engrais extrêmement simples et efficaces pour développer

l'utilisation des engrais sur cocotier en milieu paysan sans négliger les mesures propres à encourager le retour des feuilles et surtout les bourres qui, nous l'avons vu, permettent de réduire les exportations des 3/4 pour le potassium et le chlore.

L'efficacité d'une telle politique de fumure accompagnant le développement du cocotier hybride en milieu villageois est presque toujours très rentable. A conditions de sol égales, les expériences de Côte d'Ivoire montrent en effet qu'il suffit de 200 kg d'engrais pour produire une tonne de coprah supplémentaire, alors qu'il fallait 250 kg pour obtenir un résultat équivalent avec le GOA.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] DELMAS R., DJOUKA A. (1983). — Etude des apports atmosphériques de chlore aux sols en Basse Côte d'Ivoire (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 38, N° 7, p. 429-437.
- [2] Ng., S. K., THAMBOO S. (1968). — Nutrient content of oil palms in Malaya. 1. — Nutrients required for reproduction : Fruit bunches and male inflorescences. *Malay. Agric. J.*, 46, N° 1, p. 3-45.
- [3] Ng., S. K., THAMBOO S., de SOUZA P. (1968). — Nutrient content of oil palms in Malaya. 2. — Nutrients in vegetative tissues. *Malay. Agric. J.*, 46, n° 3, p. 332-391.
- [4] OLLAGNIER M., OCHS R. (1971). — La nutrition en chlore du palmier à huile et du cocotier (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 26, N° 6, p. 367-372.
- [5] OLLAGNIER M., OCHS R., POMIER M., de TAFFIN G. (1983). — Action du chlore sur le cocotier hybride PB-121 en Côte d'Ivoire et en Indonésie. Développement, tolérance à la sécheresse, production (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 38, N° 5, p. 309-321.
- [6] OUVRIER M. (1982). — Minéralisation du régime du cocotier hybride PB-121, de la fleur à la maturité (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 37, N° 5, p. 229-236.
- [7] ROSENQUIST E. A. (1980). — A coconut fertilizer trial on the podsollic soils of North-Sumatra (bilingue angl.-fr.). *Oléagineux*, 35, N° 5, p. 241-246.

SUMMARY

Mineral nutrition and fertilization of the Malayan Dwarf × West African Tall (PB-121 - MAWA) hybrid coconut.

M. OLLAGNIER, MARDIANA WAHYUNI, *Oléagineux*, 1984, 39, N° 8-9, p. 409-416.

The extension of the Malayan Dwarf × West African Tall (PB-121) hybrid has developed considerably in about the last 15 years, so we now have a sufficiently large experimental network to study the mineral nutrition and fertilization of this hybrid in many different types of soils and climates : — Nitrogen nutrition is naturally satisfactory, except in plantations located on soils with an exceptionally low organic matter content. The optimal level of 2.2 p. 100 for leaf 14 is confirmed in West Africa ; — Phosphorus nutrition is deficient when the total soil phosphorus content is low. The correction of this deficiency is very profitable from an economic point of view. The optimal level for leaf 14 is close to 0.120 p. 100 ; — Potassium and chlorine nutrition are closely linked, and the respective effects of these two elements cannot always be completely dissociated. All the experimental results show that chlorine deficiency is frequent, since its depressive effects on yield, which may be very severe, occur as soon as the plantation is situated more than 20-25 km from the sea. Both elements increase the number of nuts/tree, and the copra/nut. The positive effect of chlorine on the latter may reach 40 p. 100 (Indonesia). Increases in yield due to double K + Cl fertilization are always very profitable. Taking into account the great diversity of the ecological conditions encountered, the optimal levels proposed for these two elements (K = 1.4 p. 100, Cl = 0.6 - 0.7 p. 100) need to be confirmed. Since chlorine deficiency must be very frequently corrected, fertilization programmes should include the chloride that will enable another deficiency (K, Mg) to be corrected ; — Magnesium nutrition may be very deficient in certain cases. In the Ivory Coast, magnesium fertilizer interacts with potassium fertilizer.

RESUMEN

Nutrición mineral del cocotero híbrido Enano de Malasia × Grande Oeste Africano (PB-121 - MAWA).

M. OLLAGNIER, MARDIANA WAHYUNI, *Oléagineux*, 1984, 39, N° 8-9, p. 409-416.

Habiendo experimentado una difusión notable el híbrido PB-121 (Enano de Malasia × Grande Oeste Africano) desde hace unos quince años, se tiene ahora una red experimental lo suficientemente importante como para estudiar la nutrición mineral y la fertilización de este híbrido en muchas situaciones de suelo y clima : — la *nutrición nitrogenada* es satisfactoria, claro está, con excepción de las plantaciones localizadas en suelos cuya pobreza de materia orgánica es excepcional. El nivel óptimo de 2,2 p. 100 para la hoja 14 se halla confirmado en el África occidental ; — la *nutrición fosforada* es deficiente cuando los contenidos de fósforo total del suelo están bajos. La corrección de esta deficiencia resulta muy rentable desde el punto de vista económico. El nivel óptimo de la hoja 14 es próximo a 0,120 p. 100 ; — la *nutrición potásica y la nutrición de cloro* se hallan estrechamente asociadas, y no siempre es posible diferenciar completamente sus efectos respectivos. Todos los resultados experimentales muestran que la deficiencia de cloro es muy frecuente porque sus efectos depresivos en la producción, que pueden ser muy importantes, ocurren en cuanto se está a más de 20-25 km del mar. Ambos elementos incrementan el número de nueces/árbol y la copra/nuez, y además el efecto positivo del cloro, particularmente en este último carácter, puede alcanzar un 40 p. 100 (Indonesia). Los aumentos de producción como consecuencia de la doble fertilización K + Cl siempre son muy rentables. Considerándose la gran variedad de áreas ecológicas encontradas, se necesita confirmar los niveles óptimos que se proponen para estos dos elementos (K = 1,4 p. 100, Cl = 0,6 a 0,7 p. 100). Por tener que corregirse muchas veces la deficiencia de cloro, los programas de fertilización deberán realizar el aporte de cloruro que permitirá corregir otra deficiencia (K, Mg) ; — la *nutrición magnesiana* puede ser muy deficiente en algunos casos. En Costa de Marfil, la fertilización magnesiana actúa en forma de interacción con el abonado potásico.

Mineral nutrition and fertilization of the Malayan Dwarf × West African Tall (PB 121-MAWA) hybrid coconut

M. OLLAGNIER (1), MARDIANA WAHYUNI (2)

The distribution of the Malayan Dwarf × West African Tall hybrid (named Port-Bouët 121 hybrid by the Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux, and commonly known as the MAWA in Malaysia) has been undertaken on a vast scale, especially in Indonesia, the Philippines, Malaysia, the Ivory Coast, Brazil and Mexico.

In an earlier report on coconut fertilization throughout the world, presented in 1979 at the Manila congress organized by the FAO, we emphasized the fact that, despite very important and convincing results revealed by research workers, much work remained to be done, since probably less than 1 p. 100 of the world's coconuts receive fertilizer. From this point of view, it is desirable that the hybrid should be better treated than the Tall coconut, since otherwise it would be unable to exteriorize its full potential.

The Kuala Lumpur coconut conference (3) is an opportunity for reviewing our knowledge of current fertilization experiments on this type of coconut, and we will review here the results obtained in a certain number of experiments using the PB-121 — MAWA hybrid, restricting ourselves to this type of planting material.

I. — NUTRITIONAL ELEMENTS EXPORTED BY THE MAWA

In the Ivory Coast, Ouvrier and Ochs have studied the development of the nutrient contents [1982] of the different parts of the MAWA coconut according to age — leaflets, petiole, rachis, stem, bud, roots and bunches — in a plantation where fertilization, governed by leaf analysis, ensured a high yield.

The results obtained are summarized in Tables I and II, and it is interesting to study them from different points of view.

In an exploitation system where an effort is made to minimize exports by extracting albumen at the foot of the tree and letting the husks, piled up, for example, in alternate interrows, slowly release their mineral elements, exports are confined to two main sources — the albumen and the yearly growth of the stem.

Taking a hypothetical maximum yield of 6.7 tons of copra, these exports would be as follows (in kg/ha/year) :

	N	K	Mg	Cl
Albumen	80	47	8	12
Stem	61	19	8	42
Total :	141	66	16	54

When the planter uses the shells, husks, petioles and rachis, annual exports become much greater :

	N	K	Mg	Cl
Nuts	104	172	12	108
Stem	61	19	8	42
Leaves	67	60	31	65
Total :	232	251	51	215

Ng Siew Kee [1967-1968] estimates the annual consumption of nutrition elements by the oil palm in Malaysia (based on a plantation producing 25 tons of bunches/ha/year) at :

192 kg N ; 251 kg K ; 61 kg Mg.

It can therefore be seen that a good coconut plantation exports quantities of nutritional elements comparable to those exported by oil palms. However, fertilizing element requirements will perhaps vary in a ratio of 1 : 3 or 4, according to the amounts of by-products returned to the soil.

In the experiments that will be described below, the nut production is exported, but the leaves are placed in windrows and decomposed naturally.

II. — MATERIALS AND METHODS

The experiments analysed in this paper are situated in West Africa, especially in the Ivory Coast, where the PB-121 hybrid has been extended since 1970, and also in Indonesia, where the Government decided shortly afterwards to use this hybrid for regenerating the coconut population.

Climates and soils are obviously very different. The Lower Ivory Coast (PB-CC 16-24-28-31 and GD-CC 01) is characterized by a short and a long dry season, with water deficits varying greatly around a mean of 600 mm between 350 and 800 mm during the period studied for yield.

The experiment located in Benin (CC 1) is situated in a perimeter irrigated by drip irrigation, where watering only compensates for about half of the deficit, which is naturally very high (760 mm).

In the Ivory Coast, the soils are always very sandy and highly desaturated, whether they are tertiary colluvial deposits of coastal quaternary sands. Organic matter contents are very low (N = 0.5 p. 1000, C = 0.5 p. 100 from 0-15 cm depth), especially in the case of experiment CC 31, set up on the site of an old, over-exploited coconut plantation.

The absorbent complex of these very sandy soils is of course very limited, with a sum of exchangeable bases of about 0.5 meq/100 g in the surface layer :

0.35 meq/100 g calcium,
0.10 meq/100 g magnesium,
0.05 meq/100 g potassium.

Phosphorus contents are always very high — about 500 ppm.

In Benin, the soils have developed on the terminal continental plateaux (Barre lands). They are less sandy (30 p. 100 clay at 100 cm depth), and less desaturated, with :

1.85 meq/100 g calcium,
0.85 meq/100 g magnesium,
0.12 meq/100 g potassium

on the surface. Phosphorus content is low, about 110 ppm.

In Indonesia, the two experiments located in the Province of North Sumatra benefit from abundant, well-distributed rainfall, with a nil water deficit, unless it is an exceptional year. The third experiment is situated in Lampung Province (South Sumatra) where rainfall is also favourable, except for one or two years in five, when there is a severe drought (500 mm water deficit).

The soils are derived from sediments of more or less ancient volcanic origin ; they are therefore more or less lateritized and desaturated :

- 30-50 p. 100 clay from the surface downwards ;
- more plentiful organic matter than in African soils (C 1.5 p. 100 and N 1.5 p. 1000 on the surface) ;
- cation exchange capacity 10-20 meq (Ammonium acetate) ;
- 2-5 meq/100 g of exchangeable bases ;
- 0.4 meq of exchangeable K at Bangun Purba and Bah Lias (North Sumatra), 0.3 meq at Bergen (Lampung).

Total phosphorus is low at Bergen (150 ppm compared with 350 ppm in the North Sumatran experiments).

(1) Director of Research — I.R.H.O., 11, Square Pétrarque, 75116 Paris (France).

(2) Agronomist — Pusat Penelitian Kelapa (Indonesia).

(3) International Conference on Cocoa and Coconut — Progress and Outlook, 15-17 October 1984, in which the I.R.H.O. took part.

III. — RESULTS AND DISCUSSION

Tables I and II show the main effects of different fertilizers on :

- yield in copra/tree,
- copra/nut,
- leaf element contents.

Table I concerns the experiments performed in the Ivory Coast, and Table II those performed in Indonesia.

1. — Nitrogen nutrition and fertilization.

In both the Ivory Coast and Indonesia, the application of nitrogen in the form of urea has no significant effect on yield in terms of number of nuts as long as the fertility level of the soils enables legume cover plants to establish themselves properly.

This explains why the only effect observed corresponds to the conditions encountered in trial CC 31 (extremely exhausted soils with no cover plant).

Nitrogen application nearly always has a depressive effect on copra/nut.

As a whole, these new experimental results confirm the wisdom of choosing an optimal nitrogen level of about 2.2 p. 100 for West Africa. In Indonesia, the low contents at Bangun Purba have not yet been corrected, for a reason unknown to us.

In any case, nitrogen does not appear to be a very important factor of the mineral nutrition of the hybrid, although exports are very high. However, it should be noted that, in several of these experiments, beneficial effects have been observed on growth and the precocity of bearing.

2. — Phosphorus nutrition and fertilization.

The two experiments showing a response to phosphate fertilizers are characterized by low total soil phosphorus contents (100-150 ppm), and by the lowest leaf contents, about 0.110 p. 100.

Correction of this deficiency increases yield by about 10-15 p. 100.

- In Benin, 3.9 kg copra/tree for 3 kg rock phosphate,
- At Bergen, Indonesia, 2.3 kg copra for 1 kg rock phosphate with a financial efficiency ratio (1) varying from $r = 2.6$ to $r = 4.6$.

A more detailed examination of the side-effects of phosphorus application on leaf nitrogen contents (and vice versa) shows no close link like that which has become classic for the oil palm. It is therefore possible to define a specific optimal level of phosphorus in the leaf, which may be situated around 0.120 p. 100.

3. — Potassium and chlorine nutrition and fertilization.

There can be no question of interpreting responses to KCl application without referring to chlorine nutrition, which is of vital importance to the coconut [Ollagnier, Ochs, Pomier and de Taffin, 1983].

From the results of these nine experiments, it is not yet possible to define optimal potassium and chlorine levels. The fertilizer used provides both elements, and it is difficult to separate them.

The experiments in the Ivory Coast point to an optimal leaf potassium level of 1.4 p. 100. The effect of KCl at Bah Lias and Bangun Purba can be attributed to the action of chlorine alone, since natural leaf potassium contents are already quite high (1.5 p. 100). The effect of KCl in the Bergen experiment could be the result of a joint action of K and Cl, but an analysis of correlations is more in favour of a dominant effect of chlorine ;

- Copra/tree according to K (Cl = constant) $r = 0.001$,
- Copra/tree according to Cl (K = constant) $r = 0.69^{***}$.

In this experiment, as in the Benin experiment, it appears difficult to bring potassium contents up to the level considered to be optimal in the Ivory Coast. This phenomenon may be the result of cation antagonism at the level of absorption with calcium at Bergen and with magnesium in Benin.

The effects of both potassium and chlorine can be felt on the number of nuts and the copra/nut. The increase in copra/nut may be considerable. In Indonesia, the effect of chlorine alone enables copra/nut to be increased by 40 p. 100.

The PB-121 hybrid, the result of a cross between Dwarf mother trees with a low copra/nut and a West African Tall, has inherited a copra content lower than that of the South-East Asian Talls. This disadvantage, already greatly compensated by the production

of a large number of nuts, is strongly attenuated by the combined effects of potassium and chlorine, which bring the copra/nut up to about 240 g.

The increases obtained are very large in all cases, and amply valorize the expenses involved, with a financial efficiency ratio generally greater than 5.

The extent of the response depends, of course, on the water supply. In experiment CC 28 at Grand Lahou in the Ivory Coast, the slope of the land leads to a systematic difference between the three blocks : Block III, situated on low ground, benefits from a water table close to the soil surface. It yields more than Block I (19.2 kg copra/tree, compared with 13.5), and derives greater benefit from potassium fertilization (+ 4.3 kg, compared with 2.3 kg).

4. — Magnesium nutrition and fertilization.

In contrast to potassium, magnesium never influences the copra/nut. The experiments in the Ivory Coast show that the effect of Kieserite may be very great : e.g., in experiment CC 16, in which the response reaches 40 p. 100 in main effect. The association of KCl and Kieserite leads to an improvement of more than 300 p. 100, by addition of the two effects plus interaction (Table III).

The response surfaces of this experiment enable the optimal level to be fixed at 0.200 p. 100, and the experiments in Indonesia do not cast any doubts on this figure.

CONCLUSIONS

The experiments in the Ivory Coast shown in Table I are situated less than 5 km from the ocean, and consequently benefit from dry and damp deposits, estimated by Delmas at about 100 kg of chlorine/ha/year, which explains why the chlorine contents of controls without KCl are already very high (0.43-0.55 p. 100). Other experiments, studying more specifically the chlorine problem, have been set up further inland, up to several hundred km from the ocean.

— Dabou, 25 km from the sea, with a chlorine content of 0.098 p. 100,

— Gagnoa, 125 km, chlorine content 0.039 p. 100,

— Abengourou, 190 km, chlorine content 0.080 p. 100,

— Daloa, 230 km, chlorine content 0.207 p. 100.

These experiments are all characterized by very low chlorine contents, due to the sudden decrease in chlorine deposits after the first 10 km.

They all point to an effect of chlorine on early growth and precocity of flowering.

Only the Dabou experiment is yielding : it shows without doubt that chlorine increases yield by 50 p. 100. In this experiment, the response to KCl, which triples yields, is about 1/3 due to Cl, and 2/3 to K (Table IV).

The three Indonesian experiments, which are located at about the same distance from the sea as Dabou, are also characterized by very low leaf chlorine contents. It is therefore not surprising to obtain considerable responses to KCl application, due to the effect on yield of chlorine alone.

A chlorine deficiency should be expected each time that natural deposits are less than exports ; i.e., most frequently as soon as the plantation is even a short distance from the coast, although this does not exclude the possibility of finding deficiencies near the sea, as observed in the Philippines and at Port-Bouët. In this case, fertilization should often be centred on the correction of this deficiency, using the chloride that is the cheapest for the smallholder or the national economy, and taking into account the possible effect of the accompanying cation.

Sodium chloride could be used for the volcanic soils of Indonesia or the Philippines, which generally have a good potassium supply. Ammonium chloride would be suitable for overcultivated soils of the same type, and potassium chloride for the lateritic soils common in West Africa, where there is a potassium, as well as a chlorine deficiency.

It would very likely be possible to formulate extremely simple and effective fertilizers to develop fertilizer use on coconut in smallholdings, without neglecting to encourage the return of leaves, and especially husks, which, as we have seen, allow potassium and chlorine exports to be reduced by three-quarters.

An effective manuring policy of this kind, coupled with the development of the hybrid coconut on smallholdings, is almost always very profitable. Given identical soil conditions, the Ivory Coast experiments show that 200 kg of fertilizer are sufficient to produce an extra ton of copra, whereas 250 kg are needed to obtain a similar result with the WAT. ■

(1) Value of copra before processing 300 \$/t — Cost of RP = 150 \$/t.

$$r = \frac{\text{Increase in yield}}{\text{Cost of fertilizer}}$$